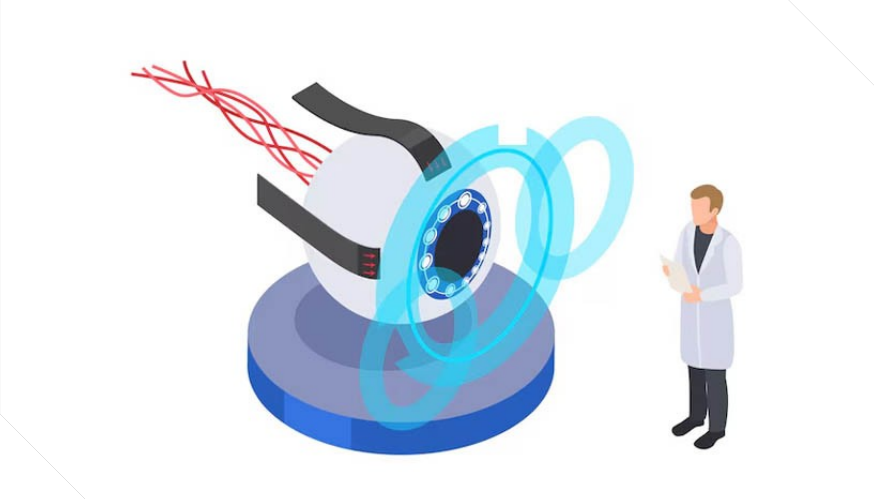
بحث عن
مستشعرات العين

المادة : .....



عمل الطالب

.....

الصف : .....

مقدمة

في عالمنا المتسارع الذي يعتمد بشكل متزايد على التفاعل بين الإنسان والآلة، تبرز أهمية التقنيات التي تُمكن الأجهزة من "فهم" النوايا البشرية بشكل أكثر دقة. تُعد **مستشعرات العين (Eye-Tracking Sensors)**، أو أنظمة تتبع العين، من الابتكارات المحورية في هذا المجال. هي ليست مجرد أدوات لتسجيل حركة العين، بل هي تقنيات مُعقدة تُتيح لنا فهمًا عميقًا للعمليات المعرفية، وتُمكننا من تطوير واجهات استخدام أكثر طبيعية وذكاءً. تُحاكي هذه المستشعرات قدرة العين البشرية على التركيز والانتقال بين النقاط، وتُترجم حركاتها الدقيقة إلى بيانات قابلة للتحليل، مما يُفتح آفاقًا واسعة في مجالات متنوعة من البحث العلمي إلى الترفيه.

من تشخيص الأمراض العصبية إلى تحسين تجربة المستخدم في الألعاب والواقع الافتراضي، ومن مساعدة ذوي الاحتياجات الخاصة على التواصل إلى تحليل سلوك المستهلكين، تُظهر مستشعرات العين قدرتها على إحداث ثورة في كيفية تفاعلنا مع التكنولوجيا وفهمنا لأنفسنا.

مفهوم مستشعرات العين ومبدأ عملها

تُعرف **مستشعرات العين** بأنها أجهزة أو أنظمة تُستخدم **لتحديد موضع العين، تتبع حركاتها، وقياس نقطة نظرة (Gaze Point) المستخدم**. بعبارة أخرى، تُجيب هذه التقنيات عن السؤال: "أين ينظر الشخص؟" و"كيف تتحرك عينه؟". هي تُسجل وتسجل مسار حركة العين، اتجاه التركيز، سرعة الحركات (مثل الرمش)، وحركة الحدقة (توسعها وتقلصها).

<u>مبدأ العمل الأساسي:</u>

تعتمد معظم أنظمة تتبع العين الحديثة على تقنيات **غير تلامسية (Non-Invasive)**، حيث لا يتطلب الأمر أي اتصال مباشر مع عين المستخدم. المبدأ الأكثر شيوعًا هو **الانعكاس القائم على حدقة العين (Pupil-Corneal Reflection - PCR)**. يعمل هذا المبدأ كالتالي:

1. **إرسال ضوء الأشعة تحت الحمـراء:** يُرسـل المستشـعر ضـوءًا خفيفًا (عادةً من الأشعة تحت الحمراء غـير المرئيـة للعين البشـرية) نحو عين المستخدم.
2. **الانعكاس من العين:** يُنتج هذا الضوء انعكاسين رئيسيين:

- **انعكاس الحدقة (Pupil Reflection):** انعكـاس من الحدقـة (البؤبؤ) نفسها.
- **انعكاس القرنية (Corneal Reflection):** انعكاس من سطح القرنية (الطبقة الشفافة الخارجية للعين). هذا الانعكاس يُعرف أيضًا بـ "الوهج اللامع" (Glint).

3. **التقاط الصور وتحليلهـا:** تُسـتخدم كـاميرا عاليـة الدقـة (عـادةً حساسة للأشعة تحت الحمراء) لالتقاط صور للعين والمسـافات بين الانعكاسين (الحدقة والقرنية).
4. **الحساب وتحديد نقطة النظرة:**

- نظرًا لأن الحدقة تُغير موقعهـا مـع حركـة العين بينمـا يبقى انعكـاس القرنية ثابتًا نسبيًا (بسبب ثبات الكـاميرا والمصـدر الضـوئي)، يُمكن للنظام حساب **الفرق بين موقع انعكـاس الحدقـة وانعكـاس القرنية**.
- باسـتخدام معـادلات رياضـية معقـدة ونمـاذج لمعلمـات العين، يُمكن للنظام تحديد اتجاه نظرة العين بدقة عاليـة، وتعـيين نقطـة التركـيز على الشاشة أو في الفضاء ثلاثي الأبعاد.
- تُسجل هذه البيانات ثم تُحلل لإنشاء خرائـط حراريـة تُظهـر منـاطق التركيز، أو مسارات تُوضح حركة العين.

التقنيات المُستخدمة في تتبع العين

- **تتبـع العين القـائم على الفيـديو:** هـذا هـو الأسـلوب الأكـثر انتشـارًا، ويعتمـد على المبـدأ المـذكور أعلاه باسـتخدام كـاميرات الأشعة تحت الحمراء.
- **تتبع العين القائم على ملفـات تعريـف الارتبـاط:** يسـتخدم أقطابًـا كهربائيـة تُوضـع حـول العين لقيـاس الفروقـات الكهربائيـة الناتجة عن حركة مقلة العين. يُستخدم غالبًا في الأبحاث أو عندما لا يكون التلامس مشكلة، ولكنه أقل دقة في تحديد نقطة النظرة.

- **تتبــع العين القــائم على اللبس:** تُــدمج المستشــعرات في نظارات أو أجهزة واقع افتراضي/معـزز، ممـا يـوفر مرونـة أكـبر في الحركة ويسجل ما ينظر إليه المستخدم في بيئته الحقيقية.

أهمية مستشعرات العين وتطبيقاتها

تُقدم مستشعرات العين مجموعة واسعة من الفوائد والتطبيقـات الـتي تُحدث ثورة في العديد من المجالات، من البحث العلمي إلى التجارة.

1. في البحث العلمي وعلم النفس:

- **دراسـة العمليـات المعرفيـة:** تُسـتخدم لفهم كيفيـة معالجـة الدماغ للمعلومـات، اتخـاذ القـرارات، والتعلم. فهي تُعطي نظـرة ثاقبة على الانتباه، الذاكرة، وحل المشكلات.
- **تشخيص الأمراض:** تُساعد في تشـخيص ومراقبـة تطـور بعض الأمـراض العصـبية والنفسـية، مثـل التوحـد، مـرض باركنسـون، ومرض الزهايمر، حيث تُظهر أنماط حركة العين تغيرات مميزة.
- **دراسات القراءة:** تُستخدم لفهم كيفية قراءة الناس للنصوص، تحديـد الكلمـات الـتي تُشـكل صـعوبة، وتحسـين طـرق تـدريس القراءة.

2. في تصميم تجربة المستخدم (UX/UI) والتسويق:

- **تحسين تصميم الواجهات:** تُمكن المصـممين من معرفـة أين يركز المستخدمون نظرهم على الشاشات، ما هي العناصـر الـتي تُجذب انتباههم، وما هي العناصر التي يتجاهلونها. هذا يُسـاعد في تصــميم مواقــع ويب، تطبيقــات، ولوحــات تحكم أكــثر ســهولة وفعالية.
- **فهم سلوك المستهلك:** تُسـتخدم في المتـاجر أو عنـد عـرض الإعلانات لمعرفة ما يجذب انتباه المتسوقين على الرفوف، أو ما هي أجزاء الإعلان التي تُشاهد أكـثر. هـذا يُسـاعد الشـركات على تحسين استراتيجياتها التسويقية.

3. في الرعايــة الصــحية والمســاعدة لــذوي الاحتياجــات الخاصة:

- **أجهزة التواصل البديلـة:** تُمكن الأشـخاص الـذين يعـانون من إعاقات حركية شديدة (مثل الشلل الربـاعي أو التصـلب الجـانبي

الضموري) من التواصل مع العالم الخارجي من خلال التحكم في الحاسوب أو لوحة مفاتيح افتراضية بعيونهم فقط.

- **إعادة التأهيل:** تُستخدم في برامج إعادة التأهيل لمساعدة المرضى على استعادة بعض الوظائف الحركية أو المعرفية.
- **تدريب الجراحين:** تُستخدم في محاكاة العمليات الجراحية لتدريب الجراحين على التركيز على النقاط الهامة.

4. في الألعاب والواقع الافتراضي/المعزز:

- **تحسين الانغماس:** تُمكن أجهزة الواقع الافتراضي من معرفة أين ينظر المستخدم، وتوجيه قوة المعالجة لتقديم رسومات عالية الدقة في منطقة التركيز، مما يُعزز من الواقعية والانغماس (Foveated Rendering).
- **التحكم بالعين:** تُتيح للمستخدمين التحكم في الألعاب أو التطبيقات بمجرد حركة العين، مما يُضيف بعدًا جديدًا للتفاعل.
- **التفاعلات الاجتماعية في الواقع الافتراضي:** تُمكن تجسيدات المستخدمين من إظهار نظرات واقعية، مما يُعزز من التفاعل الاجتماعي في البيئات الافتراضية.

5. في الأمن والتحقق من الهوية:

- **المصادقة البيومترية:** تُستخدم لتحديد هوية الأفراد بناءً على خصائص العين الفريدة (مثل نمط الأوعية الدموية في شبكية العين أو نمط القزحية) وحركات العين المميزة، مما يُوفر طبقة إضافية من الأمان.
- **مراقبة اليقظة:** في المركبات، تُستخدم لمراقبة يقظة السائق واكتشاف علامات النعاس أو التشتت لتحذيره.

تحديات مستشعرات العين

- **الدقة والموثوقية:**

- **تأثرها بالحركة:** الحركات المفاجئة للرأس أو الجسم قد تُؤثر على دقة التتبع.

- **ظروف الإضاءة:** قد تتأثر بعض الأنظمة بالإضاءة المحيطة الساطعة أو المنخفضة.
- **المكياج والنظارات/العدسات:** قد تُعيق النظارات (خاصة ذات الانعكاسات) أو العدسات اللاصقة أو المكياج عملية التتبع الدقيقة.
- **الاختلافات الفردية:** تختلف أشكال العيون وأحجام الحدقات من شخص لآخر، مما يتطلب معايرة دقيقة لكل مستخدم.
- **التكلفة:** الأنظمة عالية الدقة والاحترافية لا تزال باهظة الثمن، مما يحد من انتشارها في التطبيقات الاستهلاكية الواسعة.
- **المعالجة وقوة الحوسبة:** تتطلب معالجة بيانات تتبع العين (خاصة بالفيديو) قوة حوسبة كبيرة، مما قد يُؤثر على أداء الأجهزة الصغيرة أو المحمولة.
- **الخصوصية والأخلاقيات:** جمع بيانات تتبع العين يُثير مخاوف كبيرة بشأن الخصوصية. فمعرفة أين ينظر الشخص يُمكن أن يُكشف الكثير عن اهتماماته، نواياه، وحتى حالته العقلية. هذا يتطلب لوائح صارمة لاستخدام هذه البيانات.
- **قابلية الاستخدام:** بعض الأنظمة قد تتطلب معايرة مُسبقة من المستخدم، مما قد يكون مُستهلكًا للوقت أو معقدًا لبعض الأفراد.
- **التعب والإجهاد البصري:** التفاعل المستمر بالعين قد يُسبب إجهادًا بصريًا أو تعبًا للمستخدم في بعض الحالات.

مستقبل مستشعرات العين

- **الاندماج الواسع في الأجهزة الاستهلاكية:** نتوقع أن تُصبح مستشعرات العين ميزة قياسية في الهواتف الذكية، أجهزة الكمبيوتر المحمولة، التلفزيونات الذكية، ونظارات الواقع الافتراضي/المعزز، مما يُتيح تفاعلات أكثر بديهية.
- **التحكم غير المباشر والتفاعلات التنبؤية:** ستُستخدم مستشعرات العين ليس فقط لتحديد أين ينظر المستخدم، بل للتنبؤ بنواياه وحركاته القادمة، مما يُتيح للأنظمة التكيف مسبقًا.
- **الطب الوقائي والتشخيص المبكر:** ستُصبح أداة قوية في التشخيص المبكر للأمراض العصبية، ومراقبة الصحة العقلية، وحتى التنبؤ بالمخاطر الصحية.
- **الواقع الممتد (Extended Reality - XR) والواجهات العصبية:** ستُلعب دورًا حيويًا في تطوير واجهات الواقع الممتد، وقد تُدمج مع واجهات الدماغ والحاسوب (Brain-Computer Interfaces - BCIs) لإنشاء تجارب تفاعلية غير مسبوقة.
- **تطوير معايير الخصوصية والأمان:** مع تزايد انتشارها، ستُصبح الحاجة ماسة لتطوير أطر قانونية وأخلاقية قوية لحماية بيانات تتبع العين وضمان استخدامها المسؤول.
- **الابتكار في المستشعرات:** ظهور مستشعرات أكثر دقة، أصغر حجمًا، وأقل تكلفة، وقادرة على العمل في ظروف بيئية متنوعة، مع تقليل استهلاك الطاقة.

خاتمة

تُعد **مستشعرات العين** تقنية مُتطورة تُعيد تعريف العلاقة بين الإنسان والآلة، وتُقدم نافذة فريدة لفهم العمليات المعرفية والسلوك البشري. من خلال قدرتها على تتبع أدق حركات العين وتحويلها إلى بيانات قابلة للتحليل، تُسهم هذه المستشعرات في تطوير واجهات استخدام أكثر سهولة وبديهية، وتُمكن ذوي الاحتياجات الخاصة من

التواصــل، وتُقــدم رؤى قيمــة في مجــالات البحث العلمي والتســويق والأمن.

على الــرغم من التحــديات المتعلقــة بالدقــة، التكلفــة، ومخــاوف الخصوصـية، فـإن الوتـيرة المتسـارعة للابتكـار في هـذا المجـال تُبشـر بمستقبل مشرق. فمع الانـدماج المتزايـد للـذكاء الاصـطناعي وتطـوير مستشعرات أكثر كفاءة، ستُصبح أنظمـة تتبـع العين جـزءًا لا يتجـزأ من حياتنا اليومية، ممـا يُمكننـا من التفاعـل مـع التكنولوجيـا بأسـلوب أكـثر طبيعية وذكاءً، ويُعزز فهمنـا لأنفسـنا والعـالم من حولنـا بطـرق لم تكن لتُصـدق من قبـل. إنهـا حقًـا عيـون المسـتقبل الـتي تُمكن الآلات من "رؤيتنا" وفهمنا بشكل أعمق.